

PAT-NO: JP409148639A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09148639 A

TITLE: MULTILAYERED PIEZOELECTRIC ACTUATOR

PUBN-DATE: June 6, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

FUKUOKA, SHUICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KYOCERA CORP	N/A

APPL-NO: JP07305624

APPL-DATE: November 24, 1995

INT-CL (IPC): H01L041/083, C04B035/49, H01L041/22, H05K001/09

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent deformation of an inner electrode layer, by adding specific pts.wt. of one kind out of silicon nitride and the like to the main component of the inner electrode layer which is composed of silver of a specific wt.%.

SOLUTION: An inner electrode 3 having a conducting part X on one surface of a ceramic layer 1 and an electrodeless part Y which is not exposed on an end portion is formed. In the inner electrode 3 5-10 pts.wt. of one kind out of silicon nitride, zirconia alumina and silicon carbide is added to and contained in 100 pts.wt. main component composed of 50-80wt.% silver and 20-50wt.% glass component. When silver is less than 50wt.%, conductivity is deteriorated. When silver exceeds 80wt.%, bondability between piezoelectric layers is deteriorated. By adding silicon nitride and the like to the main component, deformation of an electrode layer at the time of applying a voltage by addition of ceramics is made hard to be generated. Thereby deformation of the inner electrode layer can be prevented.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-148639

(43)公開日 平成9年(1997)6月6日

(51)Int.Cl.⁶

H 01 L 41/083
C 04 B 35/49
H 01 L 41/22
H 05 K 1/09

識別記号

庁内整理番号

F I

H 01 L 41/08
H 05 K 1/09
C 04 B 35/49
H 01 L 41/22

技術表示箇所

Q
Z
A
Z

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全5頁)

(21)出願番号

特願平7-305624

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市山科区東野北井ノ上町5番地
の22

(72)発明者 福岡 修一

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株
式会社総合研究所内

(22)出願日

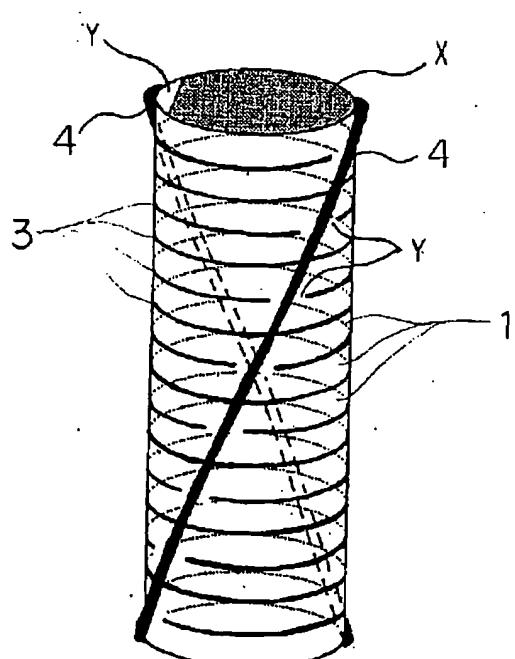
平成7年(1995)11月24日

(54)【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータ

(57)【要約】

【課題】高速パルス駆動におけるリングングが大きくなり、高速で高精度な位置決め精度を必要とする機器では大きな問題となっていた。

【解決手段】複数の圧電セラミック層と複数の内部電極層とを交互に積層してなる積層型圧電アクチュエータにおいて、内部電極層が、銀50~80重量%とガラス成分20~50重量%とからなる主成分100重量部に対して、窒化珪素、ジルコニア、アルミナ、炭化珪素のうちの少なくとも1種を5~20重量部添加してなるものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の圧電セラミック層と複数の内部電極層とを交互に積層してなる積層型圧電アクチュエータにおいて、前記内部電極層が、銀50～80重量%とガラス成分20～50重量%とからなる主成分100重量部に対して、窒化珪素、ジルコニア、アルミナ、炭化珪素のうちの少なくとも1種を5～20重量部添加含有してなることを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、積層型圧電アクチュエータに関するもので、例えば、X-Yステージ等の精密位置制御や高速位置制御等に用いられる積層型圧電アクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来技術】従来、積層型圧電アクチュエータは、両面に内部電極となる銀などの金属電極層を形成した圧電セラミック同士を、エポキシ樹脂などの樹脂性接着剤を介して接合することにより構成されていた。

【0003】しかしながら、この構造は、圧電セラミック同士の接合を樹脂性の接着剤を用いていたため、圧電セラミックに比べ接合層のヤング率が大きく、駆動時の発生変位や発生力が接合層により吸収され、変位の減少や入力電圧に対する変位の追随性が悪くなり、さらにパルス駆動時においてリングングが大きくなるなど、圧電セラミックが有する本来の能力を十分発揮できないという問題があった。

【0004】また、圧電セラミックを樹脂性の接着剤により接合することから、引張力に対して非常に弱いなど信頼性も低く、さらに樹脂性接着剤を使用していたためアクチュエータの使用温度の上限を低温、例えば、100°C以下にしなければならないなどの制限があった。ここで、リングングとは、急峻な電圧印加により、アクチュエータの変位が一時的にオーバーシュートを起こして、振動することをいい、例えば、図3で示したAの部分をいう。

【0005】これらの欠点を改善するため、例えば、特開昭60-121784号公報などにおいては、ガラス含有の銀ペーストを圧電セラミック表面に塗布し、積層後加圧しながら500°C～700°Cの温度範囲で加熱することで、圧電セラミック同士を接合し、積層型圧電アクチュエータを作製する方法が開示されている。

【0006】この方法では、銀ペーストを介して圧電セラミック同士を接合させることから、圧電セラミック間の引張強度が向上し、信頼性や発生変位などを向上することができる。さらに、用いられる銀ペーストは、加熱処理温度での耐酸化性に優れ、安価であることから、内部電極用として優れていると言える。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開昭

60-121784号公報に開示された、ガラス含有の銀ペーストにより圧電セラミック同士を接合した場合においても、銀のヤング率が圧電セラミックに比べて大きいため駆動時の発生応力とともに内部電極層の変形が生じ、さらに入力電圧に対する変位の追随性が悪く、また数μ秒～数十μ秒での高速パルス駆動におけるリングングが大きくなるなどの問題があった。従って、高速で高精度な位置決め精度を必要とする機器、例えば半導体製造装置のLSI露光機のマスクの位置決め等の用途においては大きな問題となっていた。

【0008】本発明は、かかる従来の問題点に鑑み、駆動時において発生する変位の応答速度を高め、リングングによる変位の振幅と振幅時間を少なくすることで、高い位置決め精度を有する積層型圧電アクチュエータを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の積層型圧電アクチュエータは、複数の圧電セラミック層と複数の内部電極層とを交互に積層してなる積層型圧電アクチュエータにおいて、前記内部電極層が、銀50～80重量%とガラス成分20～50重量%とからなる主成分100重量部に対して、窒化珪素、ジルコニア、アルミナ、炭化珪素のうちの少なくとも1種を5～20重量部添加含有してなるものである。

【0010】

【作用】本発明の積層型圧電アクチュエータは、内部電極が銀とガラス及び窒化珪素、ジルコニア、アルミナ、炭化珪素のうちの少なくとも何れか1種類を添加せしめて形成することで、内部電極のヤング率が小さくなり、内部電極層の変形が起こりにくくなることから、駆動時に発生する変位や応力が内部電極層で吸収されにくくなるとともに、電圧印加に対する変位の追随性が良くなり、さらに、パルス駆動時のリングングにおける変位の振幅と振幅時間を著しく小さくすることができる。従って、高速で、高い位置決め精度を有する積層型圧電アクチュエータを得ることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の積層型圧電アクチュエータは、内部電極層が、銀50～80重量%とガラス成分20～50重量%とからなる主成分100重量部に対して、窒化珪素、ジルコニア、アルミナ、炭化珪素のうちの少なくとも1種を5～20重量部添加含有してなるものである。

【0012】ここで、内部電極層の主成分を、銀50～80重量%とガラス成分20～50重量%とから構成したのは、銀が50重量%よりも少ない（ガラス成分が50重量%よりも多い）場合には、導電性が悪くなり、内部電極面での電位分布が大きくなることからパルス駆動時に放電が生じ易くなり、放電時にクラックが発生し、駆動時にクラックが進展し、寿命を短くするからであ

る。また、銀量が多くなるに伴い導電性が良くなるため内部電極としては好適となるが、銀が80重量%よりも多い（ガラス成分が20重量%よりも少ない）場合には、ガラス量が少なくなるため、圧電セラミック層間の接合性が悪くなり、駆動時に内部電極での破断が生じ易くなり、寿命を短くしてしまうからである。

【0013】従って、圧電セラミック層間の接合を良好にし、放電の発生を抑制するには、銀量は50～80重量%、ガラス成分が20～50重量%に限定される。圧電セラミック層間の接合性および放電の発生を抑制するためには、銀量が55～65重量%、ガラス成分が35～45重量%であることが望ましい。

【0014】ガラス成分としては、例えば、 SiO_2 系ガラス、硼珪酸ガラス、硼珪酸亜鉛ガラス等があるが、本発明においては、これに限定されるものではなく、公知のガラス成分も用いることができることは勿論である。

【0015】次に、上記した主成分に窒化珪素、ジルコニア、アルミナ、炭化珪素のうち少なくとも1種を添加したのは、これらのセラミックスの添加により、電圧印加時の電極層の変形が生じ難く、弾性損失を少なくすることで、リングングの振幅を小さくすることができるからである。これは、窒化珪素、ジルコニア、アルミナ、炭化珪素は、圧電セラミックよりコンプライアンスが大きいため、微量添加によりリングングの抑制という効果があるからである。また、主成分100重量部に対して、窒化珪素、ジルコニア、アルミナ、炭化珪素のうち少なくとも1種を5～20重量部添加含有したのは、窒化珪素、ジルコニア等のセラミックの添加量を多くするに従い、リングングの振幅は小さくなるが、これらのセラミックが5重量部よりも少ない場合には、リングングの振幅減少の効果が殆ど見られないからである。一方、20重量部より多い場合、圧電セラミック層間の接合性が悪くなるばかりでなく、内部電極内で放電がおこり易くなり、放電時に生じるクラックが連続駆動時に成長し破壊に到るため、アクチュエータとしての寿命を短くしてしまうなど、信頼性の低下をまねくからである。添加成分としては、弾性スティフネス定数が大きいという観点からジルコニアが最適である。

【0016】従って、パルス駆動時のリングングの振幅を小さくし、高速で高精度な位置決めを可能にするための添加量は、主成分100重量部に対して5～20重量部に限定され、特に、リングングの振幅と振幅時間同時に短縮するためには、10～20重量部添加することが望ましい。

【0017】本発明で用いる圧電セラミック層は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）を主成分とし、さらに、Ca、Sr、Ba等のアルカリ土類金属、Nb、Ta等の周期律表第5a族元素、Sb、Bi等の周期律表第5b族元素、Zn、Mn等を添加した公知の材料を

用いることができる。

【0018】また、本発明の積層型圧電アクチュエータは、圧電セラミック層と内部電極層を交互に積層したものであれば、どのようなものにも適用できる。

【0019】

【実施例】先ず、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）からなる直径18mm、板厚0.35mmの円盤状の圧電セラミック層を作製した。その後、図1に示す如く、圧電セラミック層1の片面に導電部Xと、端面部に露呈しない無電極部Yを有する内部電極層3を形成した。

【0020】導電部Xは、表1に示すような銀とガラス成分の組成からなる主成分に対して、窒化珪素、ジルコニア、アルミナ、炭化珪素の何れか1種類以上を表1に示す量だけ添加せしめ、さらに、アクリル系バインダーとテルピネオールを添加して電極ペーストを作製し、この電極ペーストをスクリーン印刷し、無電極部Yは、ガラス成分とアクリル系バインダーとテルピネオールを添加して形成したガラスペーストをスクリーン印刷した。この後、導電部Xと無電極部Yとを圧電セラミック層1の片面に、500～600°Cで焼き付け、厚みが10μm以下の内部電極層3を形成した。ここで、ガラス成分としては、北陸塗料製のXGP3385ガラスフリットを用いた。

【0021】そして、片面に内部電極層3を形成した圧電セラミック層1を複数作製し、内部電極層3と圧電セラミック層1とを交互に積層し、ガラスが溶融する温度550°Cで20分間加圧加熱処理を施し、図2に示すような圧電セラミック層1を140層有する積層体を作製した。尚、無電極部Yが、図2に示すように一層毎螺旋状となるように、内部電極層3と圧電セラミック層1とを交互に積層した。即ち、無電極部Yが1層から140層まで1層毎螺旋状に各々180度回転するように積層した。

【0022】その後、図2に示したように、並列接続となるよう内部電極層3同士を、螺旋状に形成された外部電極4により接続した。この外部電極4は、積層体の外周面に導電性エポキシ系ペーストを塗布し、180°C、1時間の条件で硬化することにより形成した。この後、80°Cのシリコンオイル中で分極処理を施し、本発明の積層型圧電アクチュエータを得た。

【0023】そして、内部電極層3の銀量とガラス成分量、および添加物の種類と添加量に対するパルス駆動時のリングングの最大振幅量と寿命を測定した。リングングの最大振幅量は、300VのDC電圧を15μ秒で昇圧した後の変位（振幅）をレーザー変位計を用いて測定した。また、寿命については15μ秒間隔での300Vパルス電圧印加に対し10¹⁰以上連続駆動できた場合を○、10¹⁰以上連続駆動できなかった場合を×とした。電圧印加は、圧電アクチュエータの軸長方向に対し、1MPaの与圧を加えながら行った。これらの結果を表1

に示す。

【0024】また、比較例として、本発明と同様の圧電性セラミックスを用い、内部電極層3の導電部Xとして銀のみからなるペースト、無電極部Yとして本発明と同様のガラスベーストを用い、圧電セラミック層の片面に*

*塗布後、焼付けし、エポキシ樹脂を介して圧電セラミック層同士を接合し、上記と同様の積層体からなる積層型圧電アクチュエータを作製した。

【0025】

【表1】

試料 No.	A g 量 (wt%)	ガラス成 分 (wt%)	添加物種類と量 (重量部)	リング 振幅 (μm)	寿命
* 1	4 0	6 0	ジルコニア	1 5	1. 5 x
2	5 0	5 0	ジルコニア	1 5	< 1. 0 o
3	5 5	4 5	ジルコニア	1 0	1. 5 o
* 4	6 0	4 0	—	—	3. 1 o
5	8 0	4 0	ジルコニア	5	1. 8 o
6	6 0	4 0	ジルコニア	1 0	1. 2 o
7	6 0	4 0	ジルコニア	2 0	< 1. 0 o
* 8	6 0	4 0	ジルコニア	2 5	1. 2 x
9	6 5	3 5	ジルコニア	1 0	1. 8 o
10	8 0	2 0	ジルコニア	1 5	1. 0 o
* 11	9 0	1 0	ジルコニア	1 5	2. 3 x
12	6 0	4 0	炭化珪素	1 5	1. 1 o
13	6 0	4 0	アルミナ	1 5	1. 2 o
14	6 0	4 0	炭化珪素	1 5	1. 1 o
15	6 0	4 0	ジルコニア 5 炭化珪素 1 0	< 1. 0 o	
* 16	1 0 0	—	(エポキシ樹脂による接合)	5. 8	x

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

【0026】表1より、本発明の試料では、リングの最大振幅量が1.8μm以下であり、寿命についても連続10¹⁰以上駆動できることが判る。一方、銀のみからなるペーストを圧電素子の片面に塗布後、焼付けし、エポキシ樹脂を介して接着を行った比較例（試料No.16）では、リングの最大振幅量が5.8μmと大きく、しかも寿命が短いことが判る。

【0027】図3に、銀量6.0重量%とガラス成分4.0重量%からなる主成分1.0重量部に対して、ジルコニアを1.0重量部とした本発明の積層型圧電アクチュエータ（試料No.6）と、上記エポキシ樹脂を介して接着した比較例（試料No.16）について、300VのDC電圧を1.5μ秒で昇圧する300Vパルス電圧印加時のリング特性を示した。電圧の立ち上がり時間1.5μ秒に対し、本発明の積層型圧電アクチュエータは、エポキシ樹脂により接合された比較例よりリングの振幅が小さく、変位の応答速度が高く、さらに振幅時間が著しく短くなっていることが判る。

【0028】尚、図2に示した積層型圧電アクチュエータでは、内部電極層3を電気的に接続する外部電極4が※50

※積層体の外周面に螺旋状に形成されているため、積層型圧電アクチュエータの変位方向と外部電極4との形成方向が異なることになり、また、内部電極層3の無電極部Yが積層体の外周面に一層毎螺旋状（積層方向に対して非平行）に形成されることになり、発生応力を分散させることができ、従来構造のように一か所に大きな応力集中を招くことがない。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように本発明の積層型圧電アクチュエータは、内部電極層を、銀とガラスとからなり一定の組成の主成分に対して、炭化珪素、ジルコニア、アルミナ、炭化珪素のうち少なくとも何れか1種類を所定量添加含有することにより、内部電極層のヤング率を小さくしながら剛性を高めることができ、駆動時ににおける内部電極の変形が生じにくくなることから、駆動時において発生する変位の応答速度を向上し、リングによる変位の振幅と振幅時間と少なくすることでき、位置決め精度を向上し、信頼性を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の積層型圧電アクチュエータの圧電セラミック層に内部電極層を形成した状態を示す斜視図である。

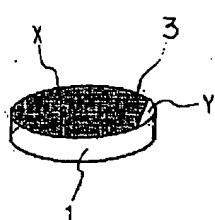
【図2】本発明の円柱状の積層型圧電アクチュエータの模式図である。

【図3】本発明と比較例の積層型圧電アクチュエータのリング特性を示すグラフである。

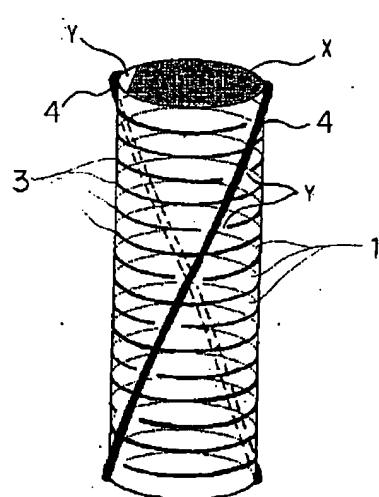
【符号の説明】

- 1 … 圧電セラミック層
- 3 … 内部電極層
- 4 … 外部電極
- X … 導電部
- Y … 無電極部

【図1】



【図2】



【図3】

